

## ラット大腿皮質骨の力学的性質と骨密度との関係

坂本 信\*, 佐藤 憲二\*\*, 田邊 裕治\*\*\*, 小林 公一\*

村田 冬樹\*, 坂井 淳\*\*\*\*

## Relationships between Mechanical Properties and Volumetric Bone Mineral Density of Rat Femoral Cortical Bone

by Makoto SAKAMOTO, Kenji SATO, Yuji TANABE, Koichi KOBAYASHI,

Fuyuki MURATA and Jun SAKAI

骨組織には皮質骨と海綿骨とがあり、皮質骨組織成分はおおよそ水分が15%、無機質が50%、有機質が35%の割合でそれぞれ構成されている。骨組織の力学的特性は整形外科領域にとって最も重要で興味ある研究分野であるが、未だ不明な点が多い。臨床においては骨の強度診断として、DXA (Dual energy X-ray Absorptiometry) を利用して、骨に含まれるミネラル量である BMD (Bone Mineral Density,  $g/cm^2$ ; 骨密度あるいは骨塩量と一般に呼ばれている) を測定するのが一般的である。また、皮質骨を対象としたバイオメカニクスの研究には、ヒトの骨が入手困難なため、ウシ、ブタ、ラットおよびマウス等の動物が使われることが多い。しかしながら、ウシやブタの長管骨を構成する皮質骨のほとんどは、plexiform bone とよばれる煉瓦状組織の骨である。ヒトやラットの長管骨における皮質骨はオステオン (骨単位) がみられる Haversian bone であり、plexiform bone とは異なる組織形態である。plexiform bone は

急成長する隅蹄類の動物等に特徴的な頑丈な骨で、Haversian bone とは異なる力学的特性を有することが知られており、ウシ等の動物実験の結果からヒトの皮質骨の力学的挙動を推定するには問題が残る。さらに、DXA による骨の BMD 測定は装置上の原理から、密度測定ではなく単位面積あたりのミネラル量を測定しているために、大きい骨ほど BMD を過大評価するという大きな欠点がある。

これに対して、CT を用いた骨密度測定法 (Quantitative Computed Tomography; QCT 法) では、単位体積当たりの骨密度 (volumetric Bone Mineral Density; vBMD) 測定や皮質骨と海綿骨の密度分離測定が可能である。特に pQCT (peripheral QCT) 法は末梢骨を対象としたもので、装置が小型であり、被曝線量が低く再現性に優れているという特徴を有することから最近注目されている。しかしながら、皮質骨における vBMD の増減に伴う力学的性質の変化について詳細に検討した例は極めて少ない。週齢

---

\*新潟大学医学部保健学科

\*\*ユニオンツール(株)

\*\*\*新潟大学工学部機械システム工学科

\*\*\*\*新潟工業短期大学

の異なるラットを用いれば、比較的広範囲の vBMD に対する力学的性質を明らかにできる可能性があるが、ラット長管骨断面は小さく、通常の方法試験である引張試験等を行うことは困難である。しかし、ナノインデンテーション試験法を適用すれば、極めて微小な対象物について特別形状の試験片を作製することなく、弾性率を求めることが可能である。そこで本研究では、週齢の異なるラット大腿皮質骨に対して pQCT により vBMD を測定するとともに、ナ

ノインデンテーション試験法を用いて弾性率（ヤング率）および硬さを求め、vBMD とこれら力学的パラメータとの相互関係について明らかにした結果、1. ラット皮質骨の vBMD は 6～24 週齢の範囲で約 1040～1428mg/cm<sup>3</sup> と増加した。2. 骨の弾性率および硬さと vBMD との間には、いずれも良好な正の相関がみられた。3. ラット大腿皮質骨の弾性率と vBMD との相関は、ヒト大腿皮質骨の相関関係と定量的にはほぼ一致した等のことを明らかにした。